



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIBIC

**ECOFISIOLOGIA DE LIMA ÁCIDA TAHITI CONDICIONADA A PORTA-  
ENXERTOS E SALINIDADE DA ÁGUA NA FASE REPRODUTIVA**

**Fisiologia de lima ácida tahiti sob porta- enxertos e salinidade da água na fase  
reprodutiva**

Área do conhecimento: 5.00.00.00-4 - Ciências Agrárias  
Subárea do conhecimento: 5.03.00.00-8 - Engenharia agrícola  
Especialidade do conhecimento: 5.03.02.00-0 - Engenharia de Água e Solo

Relatório Final  
Período da bolsa: 08/ 2019 a 07/ 2020

PIBIC/CNPq

Orientador: Dr. Marcos Eric Barbosa Brito  
Autor: Tainá Alves da Silva



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**

## **SUMÁRIO**

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo geral .....	3
2.2 Objetivos específicos .....	3
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>4</b>
3.1 Localização e clima .....	4
3.2 Delineamento estatístico e tratamentos.....	4
3.3 Águas de irrigação .....	5
3.4 Instalação e condução do experimento .....	5
3.5 Manejo .....	6
3.6 Aspectos fisiológicos .....	7
3.6.1 Trocas gasosas das plantas.....	7
3.6.2 Fluorescência da clorofila .....	7
3.6.3 Índice SPAD de clorofila .....	8
3.6.4 Produção .....	8
3.7 Análise estatística .....	8

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>9</b>
4.1	Trocas gasosas .....	9
4.2	Fluorescência da clorofila <i>a</i> .....	13
4.3	Produção .....	17
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>20</b>
<b>6.</b>	<b>PERSPECTIVAS DE FUTUROS TRABALHOS.....</b>	<b>21</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>22</b>
<b>8.</b>	<b>Grupo de Estudos em Salinidade e Irrigação (GESI) .....</b>	<b>27</b>
8.1	Participações em eventos .....	27
8.2	Minicursos .....	28

## 1. INTRODUÇÃO

Os citros correspondem a plantas de vários gêneros, a exemplo do *Citrus* (L.) da *Fortunella* (Swing.), do *Poncirus* (Raf.), entre outros que estão na família Rutaceae, sendo nativas do sudeste asiático (SWINGLE & REECE, 1967; SCORA, 1975; SOOST & CAMERON, 1975). A citricultura é um importante segmento da agricultura em âmbito mundial e nacional, no Brasil as espécies cultivadas nos pomares comerciais como variedades copas, são representadas pelas laranjeiras doces [*C. sinensis* (L.) Osbeck], tangerineiras (diversas espécies), os limoeiros verdadeiros [*C. limon* (L.) Burm. f.] , as limeiras ácidas e doces (diversas espécies), e os pomeleiros (*C. paradisi* Macfad.).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de frutas cítricas e o maior exportador de suco concentrado e pasteurizado de laranja (IBGE, 2019). Destaca-se, também, o crescimento da exportação de limões e limas, frescos e secos, incluindo a lima ácida Tahiti, que no primeiro semestre de 2020 alcançou o valor de 43,58 mil toneladas (SECEX, 2020). A produção dessas frutas está concentrada, principalmente, nas regiões Sudeste e Nordeste, embora os cultivos estejam distribuídos em todas as regiões do país.

A importância da citricultura é ainda mais notória no Nordeste Brasileiro, devido a geração de empregos, renda, além de benefícios sociais e alimentares. Embora nessa região a produtividade seja considerada baixa, cerca de 13,8 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2019), visto ao potencial da cultura, que pode chegar a uma produtividade de 50 t ha<sup>-1</sup> (MATSUURA et al., 2005 ), o que pode ser alcançado com uso de combinações copa/porta-enxertos adaptados, além das condições de manejo.

A baixa produtividade citrícola da região Nordeste pode ainda, estar relacionada ao uso de porta-enxertos com baixo potencial produtivo, além do déficit hídrico natural existente na região, fazendo-se necessário o uso de sistemas de irrigação para dirimir as eventualidades climáticas. Todavia, nesta região, a maior parte da água disponível, notadamente àquela disposta no subsolo, possui altos níveis de condutividade elétrica, limitando o uso na irrigação, já que a salinidade pode ocasionar distúrbios de natureza osmótica e ou iônica (RESENDE et al., 2009; GHEYI et al., 2016).

A salinidade da água pode afetar o crescimento, as trocas gasosas e o processo fotossintético das plantas de citros (BRITO et al., 2014; BARBOSA et al., 2017; BRITO et al., 2018). Entretanto, em trabalhos desenvolvidos por alguns autores, a exemplo de (BRITO

et al., 2008; FERNANDES et al., 2011; BRITO et al., 2015; BARBOSA et al., 2017), é possível notar que o efeito da salinidade nas plantas cítricas é varável entre espécies e, mesmo em uma espécie, entre as fases de desenvolvimento e genótipos. Assim, para identificar essas alterações é preciso realizar avaliações de todo o ciclo de produção da cultura.

Levando em consideração trabalhos desenvolvidos anteriormente, como os de Silva et al. (2012), Brito et al. (2016), Barbosa et al. (2017), Brito et al. (2017) e Brito et al. (2018), em que alguns materiais (porta-enxertos) foram firmados como possíveis tolerantes na fase de formação do porta-enxerto, na fase de formação da muda enxertada (BRITO et al., 2014 e BRITO et al., 2015) e na fase de prefloração em campo (SILVA, 2017), há atualmente a necessidade de identificar mecanismos fisiológicos de tolerância a salinidade na fase de produção em campo.

Visto isso, estudar a limeira ácida Tahiti enxertada em diferentes porta-enxertos oriundos de progênies, e sob estresse salino durante o seu primeiro ano de produção pode contribuir para firmar materiais como tolerantes, além de permitir identificar mecanismos de tolerância ao estresse, por meio de análises fisiológicas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar os aspectos fisiológicos da limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em porta-enxertos de citros oriundos de progênies sob condições de salinidade da água de irrigação na fase reprodutiva do primeiro ano de produção.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Distinguir as alterações fisiológicas das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água na fase reprodutiva do primeiro ano de produção, com a determinação das trocas gasosas, fluorescência da clorofila e produção;
- b) Estabelecer o tipo de água mais adequado à irrigação de combinações copa/porta enxerto de citros, por meio das avaliações fisiológicas.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Localização e clima

O experimento foi realizado em campo, na fazenda experimental do Campus do Sertão, da Universidade Federal de Sergipe - UFS, localizado no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe, (10°12'18" de latitude S e 37°19'39" de longitude W e altitude de 294 m). Onde se tem, predominantemente, o clima semiárido quente e seco, com precipitação média de 750 mm e temperatura média anual de 24 °C.

#### 3.2 Delineamento estatístico e tratamentos

O experimento foi realizado usando-se um delineamento experimental de blocos casualizados, com tratamentos arranjados a partir de uma parcela subdividida, considerando-se:

- a) Parcela: 13 combinações copa/porta-enxerto (genótipos), relativos à limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em 13 genótipos de porta-enxerto, todos provenientes do programa de melhoramento genótipos de Citros (PMG-Citros) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, estando descritos na (Tabela 1).
- b) Sub-parcela: três tipos de água (salinidade), essas com condutividade elétrica (CEa) de 0,14 dS m<sup>-1</sup>, 2,4 dS m<sup>-1</sup> e de 4,8 dS m<sup>-1</sup>. Sua aplicação aos genótipos iniciou-se aos 30 dias após o transplante (DAT) e perdurou até o período das avaliações onde as mudas se encontravam na fase reprodutiva.

**Tabela 1.** Relação das combinações copa/porta-enxerto (genótipos). Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Ordem	Genótipo	Ordem	Genótipo
1	Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’	8	TSKC x CTTR – 012
2	Citrandarin Índio	9	TSKFL x CTTR – 013
3	Citrandarin Riverside	10	HTR – 069
4	Citrandarin San Diego	11	TSKC x (LCR x TR) – 040
5	Tangerineira Sunki Tropical	12	TSKC x (LCR x TR) – 059
6	TSKC x TRBK – 007	13	TSKC x CTARG – 019
7	TSKFL x TRBK – 030		

HTR = híbrido trifoliado; LCR = limoeiro Cravo; TSKC = tangerineira Sunki Comum; TR = Poncirus trifoliata; TSKFL = tangerineira Sunki seleção da Flórida; TRBK = Poncirus trifoliata Beneke; CTARG = citrange Argentina; CTTR = citrange Troyer.

Assim, tem-se, como resultado, 39 tratamentos (13 combinações copa/porta-enxerto x 3 tipos de água salina), repetidos em 4 blocos, sendo cada parcela constituída por uma planta útil, totalizando 156 parcelas.

### **3.3 Águas de irrigação**

As águas de irrigação foram preparadas de duas formas, a primeira era proveniente do abastecimento local, a qual era oriunda do Rio São Francisco, com condutividade elétrica (CEa) de  $0,14 \text{ dS m}^{-1}$ , e as outras duas a partir da diluição da água do Rio São Francisco com água de um poço tubular localizado no município de Nossa Senhora da Glória, o qual possuía uma condutividade elétrica da água (CEa) de  $30,0 \text{ dS m}^{-1}$ , e com a diluição ficou nos valores de (CEa) de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  e  $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ . A aferição de tais valores foi realizada com o uso de um condutivímetro portátil microprocessado, com ajuste automático de temperatura à  $25^{\circ}\text{C}$ .

As águas ficaram armazenadas em recipientes plásticos de 1000 Litros, uma para cada tipo de água utilizada, os quais foram devidamente protegidos, evitando-se a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que pudessem comprometer sua qualidade.

### **3.4 Instalação e condução do experimento**

As mudas de cada porta-enxerto de citros foram enxertada com a limeira ácida ‘Tahiti’, sendo obtidas junto ao viveiro de produção de mudas Tamafe®, que mantém parceria com a Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das Almas- BA, seguindo as recomendações de produção de mudas certificadas e usando-se materiais de origem apogâmica. As mesmas foram produzidas em sacolas plásticas com capacidade de 2.000 mL, preenchido com substrato comercial. As mudas ficaram nessa condição até estarem aptas ao transplante, o que compreendeu um período anterior ao transplante correspondente a 10 meses.

O transplantio das mudas de citros para a fazenda experimental do Campus do Sertão ocorreu no ano de 2018 (Figura 1 A e B ) a partir daí as plantas passaram a serem cultivadas em lisímetros de 60 L, o solo utilizado no preenchimento dos recipientes foi retirado de uma área próxima da pesquisa, caracterizado como ARGISSOLO Vermelho Amarelo, seguindo os seus horizontes diagnósticos, e devidamente peneirado. No enchimento dos lisímetros, primeiramente foi incluso uma camada de 4 cm de brita, seguida por uma camada de solo de 17 cm de altura, posteriormente outra camada de 17 cm de solo, na qual se inclui 10 L de esterco, sendo assim, cada lisímetro foi preenchido com 45 Litros de solo e 10 Litros de esterco bovino, totalizando 55 Litros.



Até os 30 dias após o transplante, as plantas receberam água com baixa condutividade elétrica (CEa), água do rio São Francisco, proveniente do sistema de abastecimento local, a partir deste período começou a aplicação dos distintos tipos de água. As irrigações eram realizadas a cada dois dias, com uso de sistema de irrigação por gotejamento instalado nos lisímetros, com as plantas já adaptadas ao ambiente.

O manejo de irrigação foi realizado pelo método do balanço hídrico, de forma a repor o consumo médio diário das plantas, que foi acrescida de uma fração de lixiviação, dividindo-se o valor do volume a ser aplicado (mL) por 0,9, o que corresponde a uma fração de lixiviação de 10%, a fim de propiciar a manutenção de parte dos sais acumulados na zona radicular, provenientes da água de irrigação, usando-se, no cálculo, a Expressão 1 (Exp. 1).

$$VI = \frac{(Va - Vd)}{1 - FL} \quad \text{Exp. 1}$$

Em que: VI = volume a ser irrigado no próximo evento de irrigação (mL); Va = volume aplicado no evento de irrigação anterior (mL); Vd volume drenado (mL), e FL = coeficiente usado para se obter uma fração de lixiviação de aproximadamente 10% (1-0,10).

Para realização da coleta da água drenada, cada lisímetro foi perfurado na base, de modo a conectar uma mangueira, a qual permite o fluxo do fluido drenado para um recipiente, vaso de 18 L, possibilitando mensurar o volume drenado.

### 3.5 Manejo

O manejo nutricional seguiu as recomendações propostas em (MATTOS JUNIOR et al., 2005), e foram adotados os demais cuidados no controle de plantas daninhas, prevenção e controle de pragas e doenças, normalmente recomendados na produção de citros (MATTOS JUNIOR et al., 2005). Também, foram realizadas limpezas no sistema de irrigação, preparo das soluções das águas de tratamentos e coleta dos frutos (Figura 1 C).



**Figura 1.** Instalação do experimento (A), transplante das mudas de citros (B), irrigação das plantas (C). Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

### 3.6 Aspectos fisiológicos

#### 3.6.1 Trocas gasosas das plantas

Determinou-se as trocas gasosas das plantas usando-se de um analisador de gás no infravermelho (IRGA) (LCpro<sup>+</sup>) com luz constante de 1.200  $\mu\text{mol}$  de fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , tendo como base a terceira folha da planta contada a partir do ápice, obtendo-se as seguintes variáveis: taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ) ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ). De posse desses dados, foram quantificadas, a eficiência instantânea no uso da água (EiUA) por meio da divisão ( $A/E$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ ] e a eficiência intrínseca da carboxilação  $\Phi_c$  ( $EiC_i$ ), por meio da divisão ( $A/C_i$ ) (KONRAD et al., 2005; RIBEIRO, 2006) (Figura 2A).

#### 3.6.2 Fluorescência da clorofila

No mesmo período de avaliação das trocas gasosas, determinou-se a fluorescência da clorofila  $a$ , usando-se de um Fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; utilizando o protocolo OJIP, afim de determinar as variáveis de indução de fluorescência na fase bioquímica: Fluorescência inicial ( $O$ ), a fluorescência transiente  $J$  ( $J$ ), a fluorescência transiente  $I$  ( $I$ ) e a Fluorescência máxima ( $P$ ). A partir destes dados, calculou-se a fluorescência variável através da subtração ( $F_v = P - O$ ) e máxima eficiência quântica do fotossistema II através da divisão ( $F_v/P$ ) (GENTY et al., 1989); tal protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período 40 minutos, usando-se de um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores primários estivesse oxidados, ou seja, os centros de reação estivesse abertos.



**Figura 2.** Ilustração de realização de avaliações fisiológicas com uso do analisador de gás no infravermelho (IRGA) (A) e do clorofilometro (B), assim como a realização de colheita de frutos (C). Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Após as avaliações da fluorescência com adaptação ao escuro, procedeu-se as

avaliações em condições de iluminação, usando-se do protocolo ‘Yield’, aplicando-se uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip) afim de determinar as variáveis: Fluorescência inicial antes do pulso de saturação ( $F'$ ), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante ( $F_m'$ ) e eficiência quântica do fotossistema II Y(II).

A partir destes resultados, determinou-se a fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado ( $F_o'$ ), O coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake ( $q_L$ ), o rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (YNPQ), e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (YNO) usando metodologias descritas em Oxborough e Baker (1997) e Kramer et al. (2004).

### **3.6.3 Índice SPAD de clorofila**

Determinou-se, ainda, no mesmo período da avaliação das trocas gasosas, o índice SPAD de clorofila (SPAD), o qual foi determinada mediante três leituras em cada parcela por meio de um clorofilômetro, modelo ATLeaf (Figura 2B).

### **3.6.4 Produção**

Durante a fase de reprodutiva, a medida em que os frutos estavam em estágio de colheita (GAYET e SALVO FILHO, 2003), procedeu-se a contagem a pesagem dos frutos, a fim de determinar o número de frutos por planta (NFr) e a produção por planta (Produção) (g por planta) (Figura 2C).

## **3.7 Análise estatística**

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste ‘F’. Nos casos de significância, foi realizado o teste de agrupamento de médias (Scott-Knott, até 5% de probabilidade) para o fator combinação copa/porta-enxerto, e teste de médias (Tukey,  $p \leq 0,05$ ) entre os tipos de água, ambos usando o SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Trocas gasosas

Ao avalair as trocas gasosas (Tabela 2), verificou-se efeito significativo da interação entre os porta-enxertos e os níveis de salinidade da água para as variáveis taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*) e a eficiência intrínseca da carboxilação (*EiCi*) ( $p \leq 0,05$ ). De maneira semelhante, houve diferenças significativas ( $p \leq 0,01$ ) para o fator salinidade nas variáveis *A*, *E*, *gs*, *EiCi*, e de ( $p \leq 0,05$ ) em *Ci*. Para o fator genótipo notou-se diferenças significativas de ( $p \leq 0,01$ ) para *A*, *E*, *gs* e *EiCi*. Enquanto na eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) não houve significancia sobre nenhum dos fatores. Ficando evidente que a salinidade da água afeta de forma diferenciada os porta-enxertos de citros na maioria das variáveis de trocas gasosa estudadas.

Os efeitos da salinidade sobre os vegetais podem ser de ordem osmótica ou iônica, o primeiro corresponde a diminuição do potencial osmótico, e o segundo estar relacionado ao desbalanceamento nutricional, devido à elevada concentração de ions específicos, o que promove uma série de efeitos negativos na fisiologia das plantas, dentre os quais, as trocas gasosas são seriamente prejudicadas (NEVES et al., 2009; SILVA et al., 2011).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância relativa as trocas gasosas das plantas para as variáveis taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*), eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*) e a eficiência intrínseca da carboxilação  $\Phi_c$  (*EiCi*) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO					
		<i>A</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>EiUA</i>	<i>EiCi</i>
<b>Bloco</b>	3	15,5781**	0,1015 <sup>ns</sup>	0,0057**	6624,621**	11,456 <sup>ns</sup>	0,00006 <sup>ns</sup>
<b>Gen.</b>	12	13,4054**	0,4518**	0,0039**	1116,853 <sup>ns</sup>	6,1785 <sup>ns</sup>	0,0002**
<b>Erro 1</b>	36	1,6734	0,1565	0,0006	1102,876	6,4194	0,00004
<b>Salinidade</b>	2	13,0319**	0,5770**	0,0030**	2166,160*	1,3231 <sup>ns</sup>	0,0002**
<b>Gen.x Sal</b>	24	3,4415**	0,1569*	0,0006**	398,861 <sup>ns</sup>	4,9946 <sup>ns</sup>	0,00007**
<b>Erro 2</b>	78	1,3732	0,0884	0,0003	510,670	6,0904	0,00003
<b>CV 1 (%)</b>		21,86	30,53	38,42	15,32	51,97	24,99
<b>CV 2 (%)</b>		19,80	22,96	27,09	10,42	50,62	21,98
<b>Média</b>		5,9188	1,2955	0,0641	216,8397	4,8753	0,0275

ns = não significativo; \* e \*\* significativos aos níveis de 5 % e 1 %, respectivamente; CV = Coeficiente de variação; GL= grau de liberdade; Gen = Genótipos (copa/ Porta-enxerto); Sal = salinidade.

Estudando os efeitos da salinidade na concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*) através do teste de médias (Tabela 3), nota-se que o aumento da salinidade da água ocasionou reduções nessa variável, obtendo uma variação de 223,8846 a 215,4230 (CO<sub>2</sub>) μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, onde o maior valor foi observado nas plantas irrigadas com a água de menor salinidade. Todavia, esses valores de (*Ci*) estão dentro da faixa de valores considerados ideais que são entre 200 e 250 μmol m<sup>-2</sup> m<sup>-1</sup>, para plantas de metabolismo C3 como é o caso dos citros (TAIZ et al., 2017).

**Tabela 3.** Teste de médias da variável concentração interna de CO<sub>2</sub> (*Ci*) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	<i>Ci</i>
<b>0,14</b>	223,8846 a
<b>2,4</b>	211,2115 b
<b>4,8</b>	215,4230 ab

Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Analisando a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (*A*) de cada genótipo dentro dos níveis de salinidade (Tabela 4), verificou-se que as combinações de ‘Tahiti’ com o citrandarin ‘Riverside’, e o híbrido entre a tangerineira ‘Sunki comum’ (TSKC), o limoeiro ‘Cravo’ (LCR) e o *Poncirus trifoliata* - 040 – [TSKC x (LCR x TR) – 040] foram enquadradas nos grupos de maiores médias, tanto na menor quanto no maior nível de salinidade estudado, o que denota o potencial fisiológico destes materiais.

Por outro lado, quando se irrigou com águas de 4,8 dS m<sup>-1</sup>, nota-se, também, entre os porta-enxertos que conferiram maiores valores médios de fotossíntese líquida (*A*), o citrandarin ‘Indio’, a ‘Sunki Tropical’, o híbrido entre a tangerineira Sunki comum (TSKC) e o *Poncirus trifoliata* ‘Benecke’ (TRBK) – 007 [(TSKC x TRBK – 007)], o híbrido entre a tangerineira Sunki da Flórida (TSKFL) com o TRBK – 030 [(TSKFL x TRBK – 030)], o híbrido trifioado – 069 [(HTR – 069)] e o híbrido entre o TSKC, o limoeiro ‘Cravo’ (LCR) e o *P. trifoliata* – 059 [TSKC x (LCR x TR) – 059], sendo este registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) com o nome de BRS ‘Bravo’.

Por outro lado, é notado que as maiores reduções na fotossíntese líquida (*A*) (Tabela 4) foram observadas nas plantas sobre os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, citrandarin ‘Riverside’, e nos híbridos TSKC x citrange ‘Troyer’ (CTTR) – 012 (TSKC x

CTTR - 012), TSKC x (LCR x TR) – 040 e TSKC x citrange ‘Argentina’ (CTARG) – 019 (TSKC x CTARG – 019), com valores na ordem de 34,5%, 23,2%, 45,8%, 28,5 e 40,4%, respectivamente, quando se compara os valores obtidos no menor nível de salinidade com aqueles das plantas irrigadas com água de 4,8 dS m<sup>-1</sup>.

**Tabela 4.** Desdobramento dos porta-enxertos dentro de cada nível de salinidade para as variáveis de taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A) e transpiração (E), das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Porta-enxerto \ Salinidade	A			E		
	0,14	2,4	4,8	0,14	2,4	4,8
<b>Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’</b>	7,70aB	7,66aA	5,04bB	1,83aA	1,55abA	1,16bA
<b>Citrandarin ‘Indio’</b>	5,97aC	5,71aB	5,80aA	1,18aB	1,25aB	1,13aA
<b>Citrandarin ‘Riverside’</b>	9,72aA	8,10abA	7,46bA	2,02aA	1,70aA	1,54aA
<b>Citrandarin ‘San Diego’</b>	5,09aC	4,75aB	4,47aB	1,20aB	1,10aB	1,33aA
<b>Tangerineira ‘Sunki Tropical’</b>	5,05bC	8,02aA	6,17abA	1,33aB	1,60aA	1,50aA
<b>TSKC x TRBK – 007</b>	6,44aC	6,40aB	5,47aA	1,39aB	1,24aB	1,19aA
<b>TSKFL x TRBK – 030</b>	4,38aC	4,53aB	5,85aA	1,06aB	0,95aB	1,26aA
<b>TSKC x CTTR – 012</b>	6,00aC	4,68abB	3,24bB	1,38aA	1,13abB	0,75bB
<b>TSKFL x CTTR – 013</b>	5,20aC	4,88aB	4,48aB	1,07aB	1,16aB	1,18aA
<b>HTR – 069</b>	6,89aB	6,05aB	5,62aA	1,38aB	1,30aB	1,06aB
<b>TSKC x (LCR x TR) – 040</b>	8,43aA	5,79bB	6,03bA	1,58aA	1,05bB	1,32abA
<b>TSKC x (LCR x TR) – 059</b>	5,61aC	5,96aB	5,55aA	1,32aB	1,39aA	1,43aA
<b>TSKC x CTARG – 019</b>	6,93aB	5,54abB	4,13bB	1,60aA	0,99bB	0,83bB

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os Porta-enxertos (genótipos) pelo teste de Skott-Knott, ( $p \leq 0,05$ ) e minúsculas entre os níveis de salinidade, conforme teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). HTR = híbrido trifoliado; LCR = limoeiro Cravo; TSKC = tangerineira ‘Sunki Comum’; TR = *Poncirus trifoliata*; TSKFL = tangerineira ‘Sunki seleção da Flórida’; TRBK = *Poncirus trifoliata* Benecke; CTARG = citrange ‘Argentina’; CTTR = citrange ‘Troyer’.

Todavia, considerando que os valores de taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> de plantas cítricas variam de 4 a 10  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  (Mattos Junior et al., 2005), os valores encontrados podem ser considerados normais, mesmo com irrigação com água de maior salinidade (4,8 dS m<sup>-1</sup>), à exceção do TSKC x citrange ‘Troyer’ (CTTR) – 012 [TSKC x CTTR – 012], no qual o valor foi abaixo.

Na transpiração (E), também disposta na Tabela 4, verificou-se que os porta-enxertos limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, citrandarin ‘Riverside’, [TSKC x CTTR – 012], [TSKC x (LCR x TR) – 040] e o [TSKC x CTARG – 019], proporcionaram maiores valores médios quando irrigados com águas de 0,14 dS m<sup>-1</sup>. Já quando se aplicou água com CEa de 4,8 dS m<sup>-1</sup>, foi constatado, nesses porta-enxertos, reduções significativas, à exceção do ‘Riverside’, na ‘Sunki Tropical’ e no [TSKC x (LCR x TR) – 059], o que denota a manutenção do potencial

fisiológico, mesmo sob estresse. Ainda quanto a transpiração, verificou-se os menores valores médios nas plantas sob águas de 4,8 dS m<sup>-1</sup> e enxertadas no [TSKC x CTTR – 012], no [HTR – 069] e no [TSKC x CTARG – 019].

A condutância estomática (*gs*) (Tabela 5) foi reduzida pela salinidade de forma diferenciada entre os porta-enxertos, observando-se que valores maiores de *gs* significam que os estômatos da planta estão abertos, o que permite influxo de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, a substrato para a realização da fotossíntese. Neste sentido, embora se observe que o limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ e o citrandarin ‘Riverside’ estiveram no grupo de maiores médias quando irrigado com águas de 0,14 dS m<sup>-1</sup>, quando irrigados com água de 4,8 dS m<sup>-1</sup>, notam-se decrementos na ordem de 54,5% e 30,8% nos valores de *gs*, o que denota sensibilidade ao estresse salino.

**Tabela 5.** Desdobramento dos porta-enxertos dentro de cada nível de salinidade para as variáveis de condutância estomática (*gs*) e eficiência intrínseca da carboxilação  $\Phi_c$  (*EiCi*) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Porta-enxerto \ Salinidade	<i>gs</i>			<i>EiCi</i>		
	0,14	2,4	4,8	0,14	2,4	4,8
<b>Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’</b>	0,11aA	0,08aA	0,05bB	0,029abC	0,035aA	0,024bA
<b>Citrândarin ‘Índio’</b>	0,06aB	0,05aB	0,05aB	0,029aC	0,027aB	0,027aA
<b>Citrândarin ‘Riverside’</b>	0,13aA	0,10bA	0,09bA	0,040aA	0,033aA	0,033aA
<b>Citrândarin ‘San Diego’</b>	0,05aB	0,04aB	0,04aB	0,022aD	0,025aB	0,020aB
<b>Tangerineira ‘Sunki Tropical’</b>	0,06bB	0,09aA	0,08abA	0,023bD	0,038aA	0,026bA
<b>TSKC x TRBK – 007</b>	0,06aB	0,06aB	0,06aB	0,029aC	0,030aB	0,025aA
<b>TSKFL x TRBK – 030</b>	0,05aB	0,04aB	0,06aB	0,020aD	0,024aB	0,027aA
<b>TSKC x CTTR – 012</b>	0,06aB	0,05abB	0,03bB	0,029aC	0,022abB	0,014bB
<b>TSKFL x CTTR – 013</b>	0,05aB	0,05aB	0,05aB	0,020aD	0,024aB	0,022aB
<b>HTR – 069</b>	0,07aB	0,07aB	0,06aB	0,032aB	0,029aB	0,027aA
<b>TSKC x (LCR x TR) – 040</b>	0,08aB	0,06aB	0,06aB	0,041aA	0,029bB	0,031bA
<b>TSKC x (LCR x TR) – 059</b>	0,06aB	0,06aB	0,06aB	0,026aC	0,029aB	0,025aA
<b>TSKC x CTARG – 019</b>	0,07aB	0,04abB	0,03bB	0,032aB	0,027abB	0,021bB

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os Porta- enxertos (genótipos) pelo teste de Skott-Knott, ( $p \leq 0,05$ ) e minúsculas entre os níveis de salinidade, conforme teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). HTR = híbrido trifoliado; LCR = limoeiro Cravo; TSKC = tangerineira ‘Sunki Comum’; TR = *Poncirus trifoliata*; TSKFL = tangerineira ‘Sunki seleção da Flórida’; TRBK = *Poncirus trifoliata* Benecke; CTARG = citrange ‘Argentina’; CTTR = citrange ‘Troyer’.

Por outro lado, porta-enxertos como a tangerineira ‘Sunki Tropical’, classificada entre os melhores genótipos quando irrigada com água de 4,8 dS m<sup>-1</sup>, em conjunto com o ‘Riverside’, não sofreu redução nos valores de condutância ao serem submetidas a tal salinidade, o que denota a menor sensibilidade do material, como evidenciado por outros

autores (Brito et al., 2008; Fernandes et al., 2011; Brito et al., 2014).

Os valores de condutância estomática ( $g_s$ ) obtidos nesse trabalho (Tabela 5) variou entre 0,03 e 0,13  $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , segundo Medina et al. (2005), a  $g_s$  para os citros varia de 0,1 a 0,3  $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . No entanto, Carvalho et al. (2016), estudando híbridos de citros, destacaram variações de 0,05 a 0,10  $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , valores esses que são similares aos desse trabalho.

A eficiência intrínseca da carboxilação  $\Phi_c$  ( $E_iC_i$ ), também apresentada na Tabela 5, representa a eficiência da planta em realizar fotossíntese diante da concentração intercelular de  $\text{CO}_2$ , ou do substrato disponível, a partir desta, pode-se inferir a influência de fatores não estomáticos nos processos fotossintéticos, a exemplo da disponibilidade energética proveniente dos fotossistemas ou mesmo da atividade de enzimas redutoras de oxigênio (ROS) (TAIZ et al., 2017).

Verificando-se que a salinidade ocasionou diferenciação significativa nos valores para as plantas enxertadas no limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, na tangerineira ‘Sunki Tropical’, no [TSKC x CTTR – 012], no [TSKC x (LCR x TR) – 040] e no [TSKC x CTARG – 019], onde se nota redução nos valores de  $E_iC_i$  quando irrigados com água de 4,8  $\text{dS m}^{-1}$  em comparação aos resultados obtidos nas plantas irrigadas com águas de 0,14 ou 2,4  $\text{dS m}^{-1}$  (Tabela 5).

Nos demais porta-enxertos, o aumento da salinidade não ocasionou redução significativa nos valores de  $E_iC_i$  (Tabela 5), o que pode estar relacionado a efeitos de ordem osmótica, ou seja, os decrementos na fotossíntese observados nas plantas foram oriundos, principalmente, da redução na disponibilidade de água ocasionada pela salinidade, o que reduziu a condutância estomática e a transpiração, como observado.

#### **4.2 Fluorescência da clorofila $a$**

O estudo da fluorescência da clorofila  $a$  é uma das ferramentas mais utilizadas para estudar os efeitos da salinidade e tolerância em plantas, já que a cinética da fluorescência muda em resposta aos fatores ambientes (BAKER, 2008).

Conforme análise de variância disposta na Tabela 6, não se verificou efeitos da interação entre os porta-enxertos e os níveis de salinidade da água. De maneira semelhante, não ocorreram diferenças significativas para a fonte de variação porta-enxertos e salinidade quanto as variáveis fluorescência inicial ( $O$ ), fluorescência transiente  $J$  ( $J$ ), fluorescência



transiente I (*I*), fluorescência máxima (*P*), fluorescência variável (*Fv*) e eficiência quântica do fotossistema II (*Fv/P*).

No processo de fotossíntese a luz absorvida pode ser transferida para os fotossistemas ou, se houver excesso de energia, esta pode ser dissipada na forma de calor ou fluorescência (KRAUSE e WINTER, 1996; YOUNG e FRANK, 1996). Considerando que não houve alterações na fluorescência, mesmo com o aumento da concentração de sais na água de irrigação aplicada às plantas, isso implicar dizer que o aparato fotossintético dosn genótipos não foi danificado.

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância relativa aos dados de fluorescência da clorofila na fase escura, fluorescência inicial (*O*), fluorescência transiente (*J*), fluorescência transiente (*I*), fluorescência máxima (*P*), fluorescência variável (*Fv*) e eficiência quântica do fotossistema II (*Fv/P*) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO					
		<i>O</i>	<i>J</i>	<i>I</i>	<i>P</i>	<i>FV</i>	<i>FV/P</i>
<b>Bloco</b>	3	164284,95**	505042,8**	684234,4**	1855164,769**	938945,117**	0,0048 <sup>ns</sup>
<b>Gen.</b>	12	3035,368 <sup>ns</sup>	17669,067 <sup>ns</sup>	14438,881 <sup>ns</sup>	64857,381 <sup>ns</sup>	54188,286 <sup>ns</sup>	0,0007 <sup>ns</sup>
<b>Erro 1</b>	36	4167,117	21237,5858	30459,717	74885,949	79660,237	0,0018
<b>Salinidade</b>	2	4458,083 <sup>ns</sup>	2749,288 <sup>ns</sup>	4018,179 <sup>ns</sup>	139959,480 <sup>ns</sup>	172505,237 <sup>ns</sup>	0,0043 <sup>ns</sup>
<b>Gen x Sal</b>	24	3631,208 <sup>ns</sup>	19601,850 <sup>ns</sup>	25816,116 <sup>ns</sup>	49066,730 <sup>ns</sup>	46836,771 <sup>ns</sup>	0,0011 <sup>ns</sup>
<b>Erro 2</b>	78	3942,771	24048,311	27318,155	62927,730	58535,619	0,0013
<b>CV 1 (%)</b>		14,14	16,69	13,44	12,99	17,11	5,55
<b>CV 2 (%)</b>		13,76	17,76	12,73	11,91	14,67	4,71
<b>Média</b>		456,4679	873,4038	1298,6602	2105,9230	1649,4551	0,7812

ns = não significativo; \* e \*\* significativos aos níveis de 5 % e 1 %, respectivamente; CV = Coeficiente de variação; GL= grau de liberdade; Gen = Genótipos (copa/ Porta-enxerto); Sal = salinidade.

Considerando que o parâmetro *Fv/P* reflete a eficiência quântica fotoquímica máxima do PSII, ou seja, a eficiência relativa à absorção de energia luminosa pelo complexo antena do PSII e a conversão desta em energia química, autores como (BAKER, 2008; LUCENA et al., 2012), mencionam que a essa variável pode ser usada para indicar condições de estresse na planta, a ponto de sofrer danos nos seus centros de reação.

Segundo Bolhàr-Nordenkamp et al. (1989), quando o aparelho fotossintético de uma planta está íntegro, a razão (*Fv/P*) varia entre 0,75 e 0,85 enquanto uma queda nesta razão reflete a presença de dano fotoinibitório nos centros de reação do PSII. Assim, considerando que o resultado obtido foi de 0,78 (Tabela 6), o que está dentro da faixa e ainda, próximo ao relatado por López-Climent et al. (2008), em plantas controle de porta-enxertos de citros, ou

seja, cultivadas sem estresse salino (0,72 a 0,81), isso denota que as plantas não estavam com aparato fotossintético danificado, mesmo tendo observado efeito da salinidade nas trocas gasosas.

De acordo com a análise de variância disposta na Tabela 7, não houve influência significativa dos fatores nas variáveis de fluorescência da clorofila medida na fase, seja por meio da interação ou de forma isolada, na fluorescência inicial antes do pulso de saturação ( $F'$ ) e Fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado ( $F_o'$ ), assim como no coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake ( $q_L$ ), e no rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada  $Y_{NO}$ .

Ainda em relação fluorescência, notou-se diferenças significativas entre os níveis de salinidade na na fluorescência máxima após adaptação à luz saturante ( $F_m'$ ), na eficiência quântica do fotossistema II  $Y_{II}$  e no rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada  $Y_{NPQ}$ .

**Tabela 7.** Resumo da análise de variância relativa da fluorescência inicial antes do pulso de saturação ( $F'$ ), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante ( $F_m'$ ) e eficiência quântica do fotossistema II  $Y_{II}$ , Fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado ( $F_o'$ ), coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake ( $q_L$ ), rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada  $Y_{NPQ}$ , e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada  $Y_{NO}$  das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 270 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO						
		$F'^{\dagger}$	$F_m'^{\dagger}$	$Y_{II}$	$F_o'^{\dagger}$	$q_L$	$Y_{NPQ}$	$Y_{NO}^{\dagger}$
<b>Bloco</b>	3	71,4080**	132,0515**	0,0210 <sup>ns</sup>	62,7645**	4,5296*	0,0103 <sup>ns</sup>	0,0008**
<b>Gen.</b>	12	3,4650 <sup>ns</sup>	6,7491 <sup>ns</sup>	0,0103 <sup>ns</sup>	1,3875 <sup>ns</sup>	1,0498 <sup>ns</sup>	0,0096 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
<b>Erro 1</b>	36	2,9536	5,3007	0,0209	1,3567	1,5204	0,0173	0,0001
<b>Salinidade</b>	2	1,3459 <sup>ns</sup>	16,8852*	0,0678**	2,3109 <sup>ns</sup>	1,8541 <sup>ns</sup>	0,0636**	0,0001 <sup>ns</sup>
<b>Gen x Sal</b>	24	3,7776 <sup>ns</sup>	5,1022 <sup>ns</sup>	0,0130 <sup>ns</sup>	1,2435 <sup>ns</sup>	1,6074 <sup>ns</sup>	0,0105 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
<b>Erro 2</b>	78	3,7845	4,7775	0,0134	1,3983	1,2318	0,0104	0,0001
<b>CV 1 (%)</b>		15,14	12,52	23,79	8,01	40,66	40,18	1,20
<b>CV 2 (%)</b>		17,14	11,88	19,04	8,13	36,66	31,15	1,29
<b>Média</b>		11,34	18,39	0,6083	14,54	3,0325	0,3280	1,03
		(132,6089)	(344,9935)		(212,9624)			(0,0631)

ns = não significativo; \* e \*\* significativos aos níveis de 5 % e 1 %, respectivamente; CV = Coeficiente de variação; GL= grau de liberdade; Gen = Genótipos (copa/ Porta-enxerto); Sal = salinidade.

Os vegetais captam a energia luminosa por meio dos pigmentos de clorofila, a exemplo do pigmento presente no fotossistema II (PSII), essa energia captada é dividida em

duas frações, a primeira é a energia usada na etapa fotoquímica pelo PSII  $Y(II)$  e a segunda, a energia perdida não-fotoquímica  $Y(loss) = 1 - Y(II)$ . A fração perdida não fotoquímica pode ser decomposta em  $Y_{NPQ}$  que corresponde à fração do rendimento da energia dissipada na forma de calor por meio de mecanismos fotoprotetores do PSII, e  $Y_{NO}$  fração do rendimento de energia que é passivamente dissipada de outras formas (Klughammer & Schreiber, 2008).

**Tabela 8.** Teste de médias relativos as variáveis fluorescência máxima após adaptação à luz saturante ( $F_m'$ ), eficiência quântica do fotossistema II  $Y(II)$  e rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada  $Y_{NPQ}$  das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água aos 00 dias após o início do estresse salino. Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	$F_m'$	$Y(II)$	$Y_{NPQ}$
<b>0,14</b>	18,9375 a	0,6487 a	0,2897 b
<b>2,4</b>	18,4420 ab	0,5971 ab	0,3360 ab
<b>4,8</b>	17,8009 b	0,5791 b	0,3583 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Detalhando os dados dispostos na Tabela 8, verifica-se que houve uma redução dos valores de  $F_m'$  com o aumento da salinidade, assim as eficiências fotoquímicas foram reduzidas, ocorrendo perdas de energia via calor e ativação de rotas fotoprotetoras do fotossistema. Nessa condição, tem-se a necessidade de ativação de rotas de fotoproteção, o que seria identificado por aumento significativo, principalmente, nos valores de  $qL$  ou de  $Y_{NPQ}$  (RIBEIRO, 2006). Isso corrobora com os resultados desse estudo, já que o rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada  $Y_{NPQ}$  sofreu incremento com o aumento da salinidade da água.

Analizando o parâmetro eficiência quântica do fotossistema II ( $Y_{II}$ ), verificou-se que a salinidade da água de irrigação influenciou negativamente, já que foi notado redução dos valores médios com o aumento da salinidade. Em relação ao rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada  $Y_{NPQ}$ , o incremento da salinidade proporcionou aumento dos valores médios (Tabela 8), esse resultado confirma o estresse sofrido pelos genótipos de ‘Tahiti’ e do dano no seu aparato fotoquímico, pois as plantas estão utilizando o ciclo das xantofilas para dissipar a energia luminosa que foi absorvida e não utilizada no seu processo fotossintético.

Ademais, é possível notar que a determinação da fluorescência em condições de claro

permite identificar o início do estresse salino em plantas de citros, fase em que se nota, também, efeito nas trocas gasosas, o que pode estar relacionado a efeitos de ordem osmótica, já que não se notou, até o momento dano ao aparato fotossintético, como visto nas variáveis de fluorescência medidas após a adaptação ao escuro.

#### 4.3 Produção

O resumo de análise de variância disponível na Tabela 9 permite observar que houve efeito da salinidade em todas as variáveis de produção, além do índice SPAD de clorofila. Sendo notado, também, efeito da interação entre os porta-enxertos e a salinidade em todas as variáveis de produção.

**Tabela 9.** Resumo da análise de variância dos dados de clorofila SPAD (SPAD) medido aos 270 dias após o início do estresse salino, e as variáveis de produção: número de frutos por planta (NFPL<sup>‡</sup>), peso de frutos por planta (Produção) e o peso médio de frutos (PMF) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água durante a fase reprodutiva do primeiro ano de produção, Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Fonte de Variação	GL	QUADRADO MÉDIO			
		SPAD	NFPL <sup>‡</sup>	Produção	PMF
<b>Bloco</b>	3	501,4130**	0,6138 <sup>ns</sup>	231500,8386 <sup>ns</sup>	323,3313**
<b>Gen.</b>	12	31,1212 <sup>ns</sup>	1,0681 <sup>ns</sup>	298621,3043 <sup>ns</sup>	47,9194 <sup>ns</sup>
<b>Erro 1</b>	36	19,3587	0,6061	191893,8596	40,3765
<b>Salinidade</b>	2	89,1619*	90,1847**	27051122,5230**	251,5312**
<b>Gen x Sal</b>	24	20,6808 <sup>ns</sup>	1,9353**	284288,6812*	72,7519**
<b>Erro 2</b>	78	21,0512	0,5644	168967,8871	29,5994
<b>CV 1 (%)</b>		6,10	14,65	32,96	13,97
<b>CV 2 (%)</b>		6,36	14,14	30,93	11,96
<b>Média</b>		72,1014	5,31	1329,0114	45,4712
			(29,2158)		

ns = não significativo; \* e \*\* significativos aos níveis de 5 % e 1 %, respectivamente; CV = Coeficiente de variação; GL = grau de liberdade; Gen = Genótipos (copa/ Porta-enxerto); Sal = salinidade.

Quanto ao índice SPAD de clorofila, notou-se, conforme teste de médias, que o aumento da salinidade ocasionou incremento nos valores médios (Tabela 10), tal fato confirma o que se destacou nas variáveis de fluorescência e trocas gasosas, ou seja, que não houve, até o momento, estresse iônico ocasionado pela salinidade nas combinações copa/porta-enxerto de citros, podendo-se denotar que o aumento no índice de clorofila pode representar um mecanismo de tolerância das plantas ao estresse, relacionado a perda de energia fotoquímica por meios regulados (YNPQ) e a tentativa de manter a fotossíntese

líquida em condições ideais.

Quando se estuda as variáveis de produção, nota-se diferenças entre os níveis de salinidade da água no número de frutos por planta (NFPL<sup>‡</sup>) e no peso médio do fruto (PMF), sendo os maiores valores observados nas plantas irrigadas com águas de baixa salinidade (0,14 dS m<sup>-1</sup>), porém, mesmo o uso de águas com 4,8 dS m<sup>-1</sup> permitiu obter produção nas plantas, embora esta tenha proporcionado uma redução na ordem de 39,65% no NFPL e de 8,6% no PMF (Tabela 10).

Ressalta-se que a limeira ácida ‘Tahiti’ é uma espécie precoce que, quando irrigada, plantas de 3 anos de idade produzem como plantas de 5 anos não irrigadas (COELHO, 1993), sendo observado, neste trabalho, coerência com a informação, mesmo usando águas com condutividade elétrica superior a limiar da cultura, que é de 1,4 dS m<sup>-1</sup> (MAAS, 1993), o que também denota o potencial das combinações usadas.

**Tabela 10.** Teste de médias das variáveis clorofila SPAD (SPAD), medida aos 270 dias após o início do estresse, e as variáveis de produção: número de frutos por planta (NFPL<sup>‡</sup>) e peso médio de frutos (PMF) (g) das combinações copa/porta-enxerto de citros sob salinidade da água durante a fase reprodutiva do primeiro ano de produção . Nossa Senhora da Glória, SE. 2020.

Salinidade (dS m <sup>-1</sup> )	SPAD	NFPL	PMF
<b>0,14</b>	70,5897 b	6,6424 a	47,9735 a
<b>2,4</b>	72,8326 ab	5,2927 b	44,5953 b
<b>4,8</b>	72,8820 a	4,0088 c	43,8448 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula, entre linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p≤0,05).

As culturas, a exemplo dos citros tem um melhor desempenho produtivo quando se utiliza da combinação copa/ porta-enxertos, esse por sua vez influencia em características da copa como a qualidade e quantidade de frutos, vigor e tolerância a fatores abióticos como a salinidade e bióticos Santana et al. (2018). As combinações de ‘Tahiti’ com os porta-enxertos estudados nesse trabalho encontram-se no início da vida reprodutiva, o que reflete no seu desempenho.

No tocante a produção, disposta na Tabela 11, quando se irriga com águas de 0,14 dS m<sup>-1</sup>, é possível observar a formação de dois grupos de genótipos, os de maiores médias foi composto pelo porta-enxertos Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, citrandarin ‘Indio’, Citrandarin ‘Riverside’, tangerineira ‘Sunki Tropical’ e os híbridos TSKFL x TRBK – 030, HTR – 069

e TSKC x (LCR x TR) – 059. Nas demais salinidade não se notou distinção entre os porta-enxertos.

**Tabela 11.** Desdobramento dos porta-enxertos dentro de cada nível de salinidade durante a fase reprodutiva do primeiro ano de produção, Nossa Senhora da Glória, SE, 2020.

Porta-enxerto	Salinidade	Produção		
		0,14	2,4	4,8
Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’		2542,99aA	1536,94bA	582,17cA
Citrandarin Índio		2231,86aA	1388,00bA	570,88cA
Citrandarin Riverside		2333,69aA	1659,33aA	295,95bA
Citrandarin San Diego		1615,25aB	1220,57abA	607,00bA
Tangerineira Sunki Tropical		2170,44aA	1279,03bA	1059,73bA
TSKC x TRBK – 007		1957,35aB	1125,32bA	610,82bA
TSKFL x TRBK – 030		2233,37aA	1475,04bA	307,38cA
TSKC x CTTR – 012		1922,71aB	1092,05bA	835,30bA
TSKFL x CTTR – 013		1874,71aB	662,98 bA	600,41bA
HTR – 069		2130,41aA	1246,34bA	919,11bA
TSKC x (LCR x TR) – 040		1836,56aB	869,98bA	989,62bA
TSKC x (LCR x TR) – 059		2630,83aA	1257,80bA	646,01bA
TSKC x CTARG – 019		1814,67aB	1012,17bA	687,21bA

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa entre os Porta-enxertos (genótipos) pelo teste de Skott-Knott, ( $p \leq 0,05$ ). HTR = híbrido trifoliado; LCR = limoeiro Cravo; TSKC = tangerineira ‘Sunki Comum’; TR = *Poncirus trifoliata*; TSKFL = tangerineira ‘Sunki seleção da Flórida’; TRBK = *Poncirus trifoliata* Benecke; CTARG = citrange ‘Argentina’; CTTR = citrange ‘Troyer’.

A salinidade ocasionou redução na produção de ‘Tahiti’ em todos os porta-enxertos (Tabela 11), todavia, os maiores decrementos na produção foram observados no limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’, nos citrandarins Índio e Riverside, e nos híbridos TSKFL x TRBK – 030, TSKFL x CTTR – 013 e TSKC x (LCR x TR) – 059, com reduções que variaram de 67,97 a 87,32% quando se compara o valor obtido no maior nível de salinidade com a produção destas plantas irrigadas com água de baixa salinidade, o que infere o potencial do estresse salino.

Por outro lado, destacam-se as plantas enxertadas na tangerineira ‘Sunki Tropical’, no HTR – 069 e no TSKC x (LCR x TR) – 040, as quais sofreram menor redução na produção, variando de 46,12% a 56,86%, e sendo, em termos de valor bruto, as que melhor produziram quando irrigadas com água de maior salinidade, mesmo não havendo distinção de grupos, conforme teste de Skott-Knott (Tabela 11), o que pode estar relacionada a capacidade de manutenção das trocas gasosas e da transformação energética, mesmo sob salinidade.

## 5. CONCLUSÕES

O efeito da salinidade nas plantas de citros foi de ordem osmótica;

A salinidade reduz as trocas gasosas das plantas de citros;

A salinidade causou efeitos significativo sobre os parâmetros da fluorescência da clorofila medida em condições de luz, sendo variáveis passíveis de serem usadas no diagnóstico de tolerância ao estresse;

O aparelho fotossintético não foi afetado pela salinidade já que a eficiência quântica do fotossistema II (Fv/P) foi superior a 0,78;

A salinidade reduz a produção das plantas de citros, em especial o número de frutos por planta (*NFPL*), peso de frutos (PF) e peso médio de frutos (PMF);

Águas de até 2,4 dS m<sup>-1</sup> podem ser usadas no cultivo de citros sem comprometer, significativamente, a fisiologia das plantas.

Os genótipos tangerineira ‘Sunki Tropical’, no HTR – 069 e no TSKC x (LCR x TR) – 040 são menos sensível à salinidade da água de 4,8 dS m<sup>-1</sup>, mantendo maior produção e o potencial fisiológico.

## **6. PERSPECTIVAS DE FUTUROS TRABALHOS**

O efeito da salinidade em genótipos de citros apresentado neste projeto deu mais um passo no estudo dessa temática, com demonstração de resultados conclusivos. Existe a necessidade de torna esse estudo um processo contínuo para se obter novos dados, melhorando assim a condição da produção de citros em situação atípicas a cultura. disponíveis.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, Oxford, v. 59, p. 89-113, 2008.

BARBOSA, R. C. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D.; SILVA, L. A. Gas exchange of citrus rootstocks in response to intensity and duration of saline stress. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 2, 2017.

Bolhàr-Nordenkamp, H. R.; Long, S. P.; Baker, N. R.; Öquist, G.; Schreider, U.; Lechner E. G. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: A review of current instrument. **Functional Ecology**, v.3, p.497-514, 1989.

BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; MELO, A.S.; CARDOSO, J.A.F.; SOARES FILHO, W.S. Sensibilidade de variedades e híbridos de citrange à salinidade na formação de porta-enxertos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.3, n.4, p.343-353, 2008.

BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S.; SOARES FILHO, W. S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, p. 17-27, 2014.

BRITO, M. E. B.; SILVA, E. C. B. da.; FERNANDES, P. D.; SOARES FILHO, W. DOS S.; COELHO FILHO, M. A.; SÁ, F. V. S.; MELO, A. S. de.; BARBOSA, R. C. A. Salt balance in the substrate and growth of ‘Tahiti’ acid lime grafted onto Sunki mandarin hybrids under salt stress. **Australian Journal of Crop Science**, Brisbane, v. 9, n. 10, p. 954-961, 2015.

BRITO, M.E. B.; SOARES, L. A. A.; SOARES FILHO, W.S.; FERNANDES, PEDRO D.; SILVA, ELAINE C.B.; SÁ, F.V.S.; SILVA, L.A. Emergence and morphophysiology of

Sunki mandarin and other citrus genotypes seedlings under saline stress. **Spanish Journal Of Agricultural Research**, v. 16, p.e0801, 2018.

CARVALHO, L. M. CARVALHO, H. W. L.; SOARES FILHO, W. S.; MARTINS, C. R.; PASSOS, O. S. Porta-enxertos promissores, alternativos ao limoeiro 'Cravo', nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 2, p. 132-141, 2016.

COELHO, Y.S. **Lima ácida Tahiti. Aspectos da produção**: Brasília: EMBRAPA, SPI, 1993. 35 p. (Série Didática FRUPEX, 1).

FERNANDES, P.D.; BRITO, M.E.B.; GHEYI, H.R.; SOARES FILHO, W.S.; MELO, A.S.; CARNEIRO, P.T. Crescimento de híbridos e variedades porta-enxerto de citros sob salinidade. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, n.2, p. 259-267, 2011.

FERREIRA, D.F. **Sisvar**: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GAYET, J. P., SALVO FILHO, A. (2003) Colheita e beneficiamento. In: Mattos Jr., D., De Negri, J. D., Figueiredo, J. O. (Eds) *Lima ácida Tahiti*. Campinas: Instituto Agrônômico.

GENTY, B.; BRIANTAIS J.M.; Baker, N.R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochim Biophys Acta**, v. 990, p.87–92, 1989.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; LACERDA, C. F. DE; GOMES FILHO, E. (ed.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, v. 2, p. 506, 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. **Levantamento Sistemático da produção agrícola**: junho 2020. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em:

09 junho 2020.

KLUGHAMMER, C.; SCHREIBER, U. Saturation pulse method for assessment of energy conversion in PSI. **PAM Application Notes** 1: 11-14, 2008.

KONRAD, M.L.F.; SILVA, J.A.B.; FURLANI, P.R.; MACHADO, E.C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v.64, n.3, p.339-347, 2005.

KRAMER, D. M.; JOHNSON, G.; KIIRATS, O.; EDWARDS, G. New fluorescence parameters for determination of QA redox state and excitation energy fluxes. **Photosynthesis Research**, v. 79, p. 209-218, 2004.

KRAUSE, G. H.; WINTER, K. Photoinhibition of photosynthesis in plants growing in natural tropical forest gaps: a chlorophyll fluorescence study. **Acta Botânica**, v. 109, n. 6, p. 456-462, 1996.

LUCENA, C. C.; SIQUEIRA, D. L.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R. Salt stress change chlorophyll fluorescence in mango. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 1245-1255, 2012.

MAAS, E. V. Salinity and citriculture. *Tree Physiology*, Victoria, v.12, n. 02, p. 195-216, 1993.

MATSUURA, f. C. A. U.; BARBOSA, H. P. S.; CARVALHO, J. E. B et al., **Citros: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 1.ed. Cruz das Almas- BA, 2005. 21p.

MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J.D. de; PIO, R.S; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**, Campinas, Instituto Agrônômico e Fundag. p. 929, 2005.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; PRISCO, J. T.; GHEYI, H. R. Trocas gasosas e teores de minerais no feijão

de corda irrigado com água salina em diferentes estádios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, suplemento, p. 873-881, 2009.

OXBOROUGH, K.; BAKER, N.R. An instrument capable of image chlorophyll a fluorescence from intact leaves at very low irradiance and at the cellular and subcellular levels of organization. **Plant, Cell and Environment**, v.20, p.1473-1483, 1997.

RESENDE, R. S.; CRUZ, M. A. S.; AMORIM, J. R. A. de. **Atlas de qualidade da água subterrânea no estado de sergipe com fins de irrigação**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 46, 2009.

RIBEIRO, R.V. Variação sazonal da fotossíntese e relações hídricas de laranjeira “Valência”. **Tese** – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, p.157, 2006.

SANTANA, L.G.L.; SOUZA, E.S.; PASSOS, O.S.; GESTEIRA, A.S.; LEDO, C.A.S.; SOARES FILHO, W.S. Vigor and mortality of citrus progenies with potential use as rootstocks. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.75, n.4, p.339-345, 2018.

SCORA, R.W. On the history and origin of Citrus. Bull. **Torrey Bot Club**, v.102. p.369 375, 1975.

SECEX- Secretaria de comercio exterior. **Base de dados do comércio exterior**, 2020. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/base-de-dados-do-comercio-exterior-brasileiro-arquivos-para-download>.

SILVA, E. N. D., RIBEIRO, R. V., FERREIRA-SILVA, S. L., VIÉGAS, R. A., SILVEIRA, J. A. G. Salt stress induced damages on the photosynthesis of physic nut young plants. **Scientia Agrícola**, v. 68, n. 1, p. 62-68, 2011.

SILVA, F. V. da.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; TRAVASSOS, K. D.; SUASSUNA,

J. F.; CARDOSO, J. A. F. Produção de citros irrigados com água moderadamente salina. **Irriga**, Edição Especial, Botucatu p.396-407, 2012.

SOOST, R.K.; CAMERON, J.W. Citrus. In: JANICK, J.; MOORE, J.N. (Ed.) **Advances in fruit breeding**. West Lafayette: Purdue University Press, p.507-540, 1975.

SWINGLE, W.T.; REECE, P.C. The botany of citrus and its wild relatives. In: REUTHER, W.; WEBBER, H.J.; BATCHELOR, L.D. (Ed.). **The citrus industry**. Riverside: University of California, v.1, p.190-430, 1967.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; Moller, F, M; Murphy, A; **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 821, 2017.

MEDINA, C. L.; RENA, A. B.; SIQUEIRA, D. L.; MACHADO, E. C. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. R.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. p. 149-195.

## 8. Grupo de Estudos em Salinidade e Irrigação (GESI)

O grupo de estudos em salinidade e irrigação (GESI) foi criado pelo professor Dr. Marcos Eric Barbosa Brito com o objetivo de construir conhecimentos, junto aos integrantes, (Figura 3 A), sobre temas como: a origem, o diagnóstico e a formação de estratégias para dirimir problemas de salinidade em áreas cultivadas no semiárido brasileiro, em especial no Estado de Sergipe. Assim como, melhorar o desempenho dos alunos frente a participação em eventos científicos.



**Figura 3.** Membros do grupo GESI.

### 8.1 Participações em eventos

A bolsista participou de eventos científicos, a exemplo do 29º Encontro de Iniciação Científica – EIC, no qual foi apresentado resultados desse mesmo projeto referente ao período 2018- 2019, pois, a mesma tinha um plano de trabalho, (PIBICVOL) (Figura 4 A).

Ainda, a bolsista participou do XI Encontro de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, na ocasião ela apresentou o trabalho de um dos integrantes do projeto, e recebeu o prêmio de 1º lugar na modalidade poster digital para os bolsistas PIBITI (Figura 4 B). Ademais, a bolsista apresentou trabalhos em outros eventos, a exemplo do V INOVAGRI International Meeting, XXVIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem e I Simpósio Latino Americano de Salinidade I SLAS, nesse Simpósio a mesma recebeu o

prêmio de melhor artigo na modalidade pôster, o qual foi aceito para publicação em revista classificada em Qualis 'A', (Figura 4 C).

O grupo GESI, com a participação da bolsista, também esteve presente em eventos de extensão local, a exemplo da Exposição Ouro Branco de Nossa Senhora da Glória-SE (Figura 5 A), e Semana Territorial de Bioeconomia do Alto Sertão Sergipano (Figura 5 B). Essas atividades possibilitaram a divulgação do grupo e projeto para a comunidade local.



**Figura 4.** Participações da bolsista no 29º Encontro de Iniciação Científica – EIC (A), XI Encontro de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (B) e prêmio de melhor artigo na modalidade pôster no I Simpósio Latino Americano de Salinidade I SLAS (C).



**Figura 5.** Participação na Exposição Ouro Branco de Nossa Senhora da Glória-SE (A) e Semana Territorial de Bioeconomia do Alto Sertão Sergipano (B).

## 8.2 Minicursos

A bolsista participou de cursos sobre a temática do projeto como forma de melhorar seu desempenho nas atividades, principalmente nos relatórios. Dentre esses cursos, estão o minicurso de estatística básica e experimental, análise rápida de dados em ambiente excel e tableau no setor privado, os quais foram promovidos pelo núcleo de graduação de agronomia / Sertão/ UFS- Campus do Sertão.